

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 9月 9日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-262558

[ST.10/C]:

[JP 2002-262558]

出 願 人

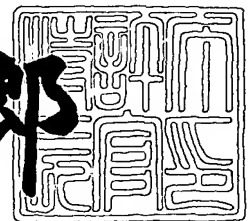
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

2003年 6月11日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3045527

【書類名】 特許願

【整理番号】 2038640002

【提出日】 平成14年 9月 9日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04R 3/04

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式
会社内

 【氏名】 加藤 直行

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式
会社内

 【氏名】 熊本 義則

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式
会社内

 【氏名】 池田 淳

【特許出願人】

 【識別番号】 000005821

 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100097179

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 平野 一幸

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 058698

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0013529

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 音響信号処理装置及びその方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力音響信号の低音成分を、互いに周波数帯域が異なる、複数の帯域幅に属する成分に分割する帯域分割手段と、

複数の帯域幅に属する成分のそれぞれに基づき、倍音成分を生成する倍音生成手段と、

生成された倍音成分と、入力音響信号とを、合成する合成手段とを備える、音響信号処理装置。

【請求項 2】 前記帯域分割手段は、基本周波数を持つ基音と、この基音に対する倍音とが、異なる帯域幅に属するように、入力音響信号の低音成分を、分割する請求項 1 記載の音響信号処理装置。

【請求項 3】 複数の帯域幅は、楽器の最低基音の周波数に基づいて定められている請求項 2 記載の音響信号処理装置。

【請求項 4】 複数の帯域幅は、ロー・インターバル・リミットに基づいて定められている請求項 2 記載の音響信号処理装置。

【請求項 5】 複数の帯域幅は、20 Hz から 60 Hz の範囲に属する同一の幅である請求項 1 から 4 記載の音響信号処理装置。

【請求項 6】 複数の帯域幅は、20 Hz から 60 Hz の範囲に属する異なる幅である請求項 1 から 4 記載の音響信号処理装置。

【請求項 7】 前記帯域分割手段は、入力音響信号の低音成分を、互いに周波数帯域が異なる、複数の帯域幅に属する成分に分割する、複数のバンドパスフィルタを備えている請求項 1 から 6 記載の音響信号処理装置。

【請求項 8】 生成された倍音成分と、入力音響信号とについて、処理遅延を補償する遅延器を備える、請求項 1 から 7 記載の音響信号処理装置。

【請求項 9】 生成された倍音成分と、入力音響信号とについて、ゲイン調整を行うゲイン調整器を備える、請求項 1 から 8 記載の音響信号処理装置。

【請求項 10】 第 1 チャンネルの入力音響信号と、第 2 チャンネルの入力音響信号とを入力し、これらの入力音響信号の和成分を出力する和成分出力手段と、

和成分の低音成分を、互いに周波数帯域が異なる、複数の帯域幅に属する成分に分割する帯域分割手段と、

複数の帯域幅に属する成分のそれぞれに基づき、倍音成分を生成する倍音生成手段と、

生成された倍音成分と、第 1 チャンネルの入力音響信号とを、合成する第 1 合成手段と、

生成された倍音成分と、第 2 チャンネルの入力音響信号とを、合成する第 2 合成手段とを備える、音響信号処理装置。

【請求項 1 1】入力音響信号の低音成分を、互いに周波数帯域が異なる、複数の帯域幅に属する成分に分割するステップと、

複数の帯域幅に属する成分のそれぞれに基づき、倍音成分を生成するステップと、

生成された倍音成分と、入力音響信号とを、合成するステップとを含む、音響信号処理方法。

【請求項 1 2】基本周波数を持つ基音と、この基音に対する倍音とが、異なる帯域幅に属するように、入力音響信号の低音成分を、分割する請求項 1 1 記載の音響信号処理方法。

【請求項 1 3】複数の帯域幅は、楽器の最低基音の周波数に基づいて定められている請求項 1 2 記載の音響信号処理方法。

【請求項 1 4】複数の帯域幅は、ロー・インターバル・リミットに基づいて定められている請求項 1 2 記載の音響信号処理方法。

【請求項 1 5】複数の帯域幅は、2 0 H z から 6 0 H z の範囲に属する同一の幅である請求項 1 1 から 1 4 記載の音響信号処理方法。

【請求項 1 6】複数の帯域幅は、2 0 H z から 6 0 H z の範囲に属する異なる幅である請求項 1 1 から 1 4 記載の音響信号処理方法。

【請求項 1 7】生成された倍音成分と、入力音響信号とについて、処理遅延を補償する、請求項 1 1 から 1 6 記載の音響信号処理方法。

【請求項 1 8】生成された倍音成分と、入力音響信号とについて、ゲイン調整を行う、請求項 1 1 から 1 7 記載の音響信号処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、低音域欠如の補償を行い、低音感を増強する音響信号処理装置及びその方法に係り、さらに詳しくは、低音成分の倍音を付加して低音感の増強を図り、小型スピーカのように、低音感が不足しがちな機器を使用する場合に好適な、技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来より、再生困難な低音の代わりに、整数次の倍音を再生させると、バーチャル・ピッチ効果と呼ばれる聴覚現象により、低音感の向上を図れることが知られている。

【0003】

以下、図面を参照しながら、従来の技術における、この種の音響信号処理装置を、説明する。図9（a）、（b）は、従来の音響信号処理装置のブロック図である。なお、整数次の各倍音成分は、全波整流法、べき乗法、ゼロクロス法等で生成できる。

【0004】

まず、図9（a）を用いて、第1の従来例を説明する。この例では、低音域に属する音について、ゼロクロス法又はべき乗法により、その整数次倍音成分を複数個生成する。

【0005】

図9（a）に示すように、このものでは、入力端子91から入力される信号は、2系統に分かれる。まず、1系統目では、入力される信号の全ての成分が、そのまま遅延部93に入力され、後述する整数次倍音生成手段97の処理に要する時間だけ遅れて、ゲイン調整器94aによりゲイン調整を受けた上で、加算器100の一方の入力部へ入力される。

【0006】

また、2系統目では、入力される信号の全ての成分が、ローパスフィルタ96

に入力される。ローパスフィルタ 96 は、この全ての成分から、所定のカットオフ特性に従って、低音域に属する成分のみを抽出し、整数次倍音生成手段 97 へ出力する。

【0007】

ここで本明細書において、基音の周波数（基本周波数）の n 倍（ n は自然数）の周波数を持つ倍音を、第 n 倍音という。

【0008】

さて、整数次倍音生成手段 97 は、ローパスフィルタ 96 が抽出した、低音域に属する成分の、第 2 倍音、第 3 倍音、...、第 n 倍音を生成する、倍音生成手段 98 a、98 b、...、98 c を有する。これらの倍音生成手段 98 a、98 b、...、98 c が生成した、第 2 倍音、第 3 倍音、...、第 n 倍音は、それぞれゲイン調整器 94 b、94 c、...、94 d により、ゲインを調整され、加算器 95 で加算された上で、加算器 100 の他方の入力部へ入力される。

【0009】

加算器 100 は、1 系統目及び 2 系統目から、それぞれ入力する成分を加算して、出力端子 92 へ出力する。

【0010】

次に、図 9 (b) を用いて、第 2 の従来例を説明する。この例では、低音域に属する音について、全波整流法により、その倍音を生成する。なお、この従来例に属する文献として、特許文献 1 をあげることができる。

【0011】

図 9 (b) において、図 9 (a) と同様の構成要素については、同一符号を付すことにより、説明を省略する。

【0012】

さて、図 9 (b) では、図 9 (a) における、整数次倍音生成手段 97 に代えて、次の要素が設けられている。

【0013】

全波整流器 99 は、ローパスフィルタ 96 が抽出した、低音域の信号について、負の値を正の値に折り返し、2 倍の周波数に変換する。但し実際には、直流バ

イアスと偶数次の倍音成分が生成されるので、バンドパスフィルタ 1 0 1 を用いて、主成分である第 2 倍音のみを抽出する。

【 0 0 1 4 】

図 9 (b) に示すように、全波整流法は、簡易な構成で実施できる。全波整流法によると、2 次の倍音を生成でき、さらに、図 9 (c) に示すように、全波整流器 9 9 とバンドパスフィルタ 1 0 1 の組を、複数組、直列接続することにより、2 の n 乗次 ($n = 2, 3, \dots$) の倍音を生成するように、拡張できる。しかしながら、全波整流法では、奇数次倍音を生成できないという問題点がある。

【 0 0 1 5 】

次に、図 1 0 を用いて、ゼロクロス法及び第 1 の従来例の問題点を、説明する。ここで、図 1 0 (a)、(b) は、従来の波形例を示すグラフであり、図中、横軸は時間を示し、縦軸は振幅を示す。

【 0 0 1 6 】

さて、ゼロクロス法では、図 1 0 (a) に丸印で示すように、信号が、正から負へ、あるいは、負から正へ、変化するゼロクロス点 P_1 、 P_2 、 P_3 を検出する。

【 0 0 1 7 】

そして、第 2 倍音成分を生成する場合には、ゼロクロス点から次のゼロクロス点との区間 (図 1 0 (a) の例では、 $P_1 - P_2$ 区間、 $P_2 - P_3$ 区間) において、波形を時間軸について 2 倍圧縮し、繰り返し 2 回再生する。

【 0 0 1 8 】

同様に、第 n 倍音成分は、同ゼロクロス点区間を中心に、時間軸について n 倍圧縮され、 n 回繰り返し再生することで得られる。

【特許文献 1】

特開平 5 - 3 2 8 4 8 1 号公報 (第 3 - 4 頁、図 1)

【 0 0 1 9 】

【発明が解決しようとする課題】

さて、一般の音楽ソースは、複数の純音成分で構成される複合音である。例えば、図 1 1 (a) のスペクトル構造例に示すように、周期性のある楽音は、基本

周波数を持つ基音（図11（a）では $f = 40\text{ Hz}$ ）と、その整数倍の周波数を持つ倍音（図11（a）では、80、120、...Hz）とにより、構成される。

【0020】

さらに、和音などは、強いエネルギー成分を持つ基本周波数が、複数存在する。和音などは、例えば、完全8度では図11（b）のようなスペクトル構造となり、完全5度では図11（c）のようなスペクトル構造となる。

【0021】

次に、このような複数の純音で構成される一般の複合音に対し、従来の倍音生成法を用いた場合の問題点について述べる。なお、以下、倍音生成法としてゼロクロス法を用いた場合について説明するが、以下の問題点は、全波整流法、べき乗法など、他の倍音生成法を用いた場合にも、同様に該当する。

【0022】

図12（a）は、完全8度（周波数比が1：2）の関係にある2つの純音（同レベルの40Hzと80Hzの純音）で構成される複合音（スペクトル構造は図11（b）参照）に対し、ゼロクロス法を用いて、原信号と同レベルで第2倍音を生成した処理音についての、周波数解析の結果を示している。

【0023】

また、図12（b）は、完全5度（周波数比が2：3）の関係にある2つの純音（同レベルの60Hzと90Hzの純音）で構成される複合音（スペクトル構造は図11（c）参照）に対し、ゼロクロス法を用いて、原信号と同レベルで第2倍音を生成した処理音についての、周波数解析の結果を示している。

【0024】

図12（a）（b）いずれの場合においても、各純音成分の2倍の周波数のみで生成されることが望まれる。しかしながら、いずれの場合においても、2倍の周波数成分は発生しているものの、倍音以外の成分（2つの純音成分の基本周波数の最大公約数を、基本周波数とする倍音成分）からなる歪みが発生している。

【0025】

この歪みは、複数の純音を含んでいる信号に対し、一度に倍音生成を行ったた

めに生じるものである。

【0026】

つまり、純音が複数含まれる信号では、図13(a)に示すように、原波形における、複合音の波形の周期 T （含まれる純音の周期の最小公倍数）と、ゼロクロス点の間隔とが、通常一致しない。

【0027】

このような場合に、ゼロクロス法を適用すると、周期 T 間隔のゼロクロス点以外で、波形の圧縮及び繰り返し再生を行うことになり、図13(c)に示すように、処理後の信号の波形が、原信号と相似にならず、波形の歪みが発生することとなる。この点、図13(a)の原波形を理想的に倍音生成した波形を示す、図13(b)と、図13(c)とを、注意深く比較されたい。

【0028】

そこで本発明は、複合音時の音質劣化を抑制できる音響信号処理装置及びその方法を提供することを目的とする。

【0029】

【課題を解決するための手段】

請求項1記載の音響信号処理装置では、入力音響信号の低音成分を、互いに周波数帯域が異なる、複数の帯域幅に属する成分に分割する帯域分割手段と、複数の帯域幅に属する成分のそれぞれに基づき、倍音成分を生成する倍音生成手段と、生成された倍音成分と、入力音響信号とを、合成する合成手段とを備える。

【0030】

この構成において、帯域分割手段が、低音成分を、複数の帯域幅に小分けすることにより、基音と、その倍音とが、同じ帯域幅に含まれる事態を抑制でき、歪みを抑制して音質を向上できる。

【0031】

請求項2記載の音響信号処理装置では、帯域分割手段は、基本周波数を持つ基音と、この基音に対する倍音とが、異なる帯域幅に属するように、入力音響信号の低音成分を、分割する。

【0032】

この構成により、基音と、その倍音とが、同じ帯域幅に含まれることはなく、歪みを抑制して音質を向上できる。

【0033】

請求項3記載の音響信号処理装置では、複数の帯域幅は、楽器の最低基音の周波数に基づいて定められている。

【0034】

この構成により、現実に応じた帯域分割を行える。

【0035】

請求項4記載の音響信号処理装置では、複数の帯域幅は、ロー・インターバル・リミットに基づいて定められている。

【0036】

この構成により、帯域分割の分割特性を最適化し、回路規模を削減することができる。

【0037】

請求項7記載の音響信号処理装置では、帯域分割手段は、入力音響信号の低音成分を、互いに周波数帯域が異なる、複数の帯域幅に属する成分に分割する、複数のバンドパスフィルタを備えている。

【0038】

この構成により、低音成分を、複数の帯域幅に属する成分に分割できる。

【0039】

請求項8記載の音響信号処理装置では、生成された倍音成分と、入力音響信号とについて、処理遅延を補償する遅延器を備える。

【0040】

この構成により、再生音の時間軸において、生成された倍音成分と、入力音響信号とを、合わせることができる。

【0041】

請求項9記載の音響信号処理装置では、生成された倍音成分と、入力音響信号とについて、ゲイン調整を行うゲイン調整器を備える。

【0042】

この構成により、生成された倍音成分と入力音響信号とのレベル比を変化させ、低音感の補強効果のモードを、複数設定できる。

【 0 0 4 3 】

請求項 1 0 記載の音響信号処理装置では、第 1 チャンネルの入力音響信号と、第 2 チャンネルの入力音響信号とを入力し、これらの入力音響信号の和成分を出力する和成分出力手段と、和成分の低音成分を、互いに周波数帯域が異なる、複数の帯域幅に属する成分に分割する帯域分割手段と、複数の帯域幅に属する成分のそれぞれに基づき、倍音成分を生成する倍音生成手段と、生成された倍音成分と、第 1 チャンネルの入力音響信号とを、合成する第 1 合成手段と、生成された倍音成分と、第 2 チャンネルの入力音響信号とを、合成する第 2 合成手段とを備える。

【 0 0 4 4 】

この構成により、請求項 1 と同様の利点がある。さらに、低音成分について定位感が鈍いという人間の聴感上の特性と、低音成分は各チャンネルに同相で含まれることが多いという実情とを利用し、2 チャンネル以上の音響信号を処理する場合に、より小さな回路規模で、低音感の増強を行える。

【 0 0 4 5 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら、本発明の実施の形態を説明する。図 1 (a) は、本発明の実施の形態における音響信号処理装置のブロック図である。

【 0 0 4 6 】

さて、図 1 に示す構成要素のうち、入力端子 1 1 は、入力信号を入力する。帯域分割手段 1 3 は、入力信号を複数の周波数帯域に分割する。

【 0 0 4 7 】

複数の倍音生成手段 1 4 a ~ 1 4 c は、帯域分割手段 1 3 により分割された各帯域信号に対し倍音生成を行う。因みに、第 1 の倍音生成手段 1 4 a は、第 2 倍音を生成し、同様に、第 2 の倍音生成手段 1 4 b は、第 3 倍音を、第 n の倍音生成手段 1 4 c は、第 n 倍音を、それぞれ生成する。

【 0 0 4 8 】

倍音生成手段 1 4 a ~ 1 4 c には、従来の技術の項で説明した整数次の倍音成分法（全波整流法、べき乗法、ゼロクロス法等）のいずれを用いても良い。このようにしても、帯域分割手段 1 3 による帯域分割幅を工夫することにより、倍音生成に伴う、上述した歪みが生じないようにになっている。

【 0 0 4 9 】

ハイパスフィルタ 1 5 は、高域通過特性を有するデジタルフィルタであり、入力信号に対し擬似化した周波数帯域の成分を除去を行う。

【 0 0 5 0 】

また、遅延器 1 6 は、処理遅延を補償し、ゲイン調整器 1 7 a ~ 1 7 d は、倍音生成手段 1 4 a ~ 1 4 c と遅延器 1 6 との、それぞれの出力に対しゲイン調整を行う。加算器 1 8 は、ゲイン調整器 1 7 a ~ 1 7 d の出力信号を加算し、加算結果は、出力端子 1 2 より外部へ出力される。

【 0 0 5 1 】

帯域分割手段 1 2 は、擬似化を行う低音成分を複数の周波数帯域の信号（以下帯域信号）に分割するものである。その実現法は、デジタル信号処理技術の分野では、一般に知られている。

【 0 0 5 2 】

ここで本発明における帯域分割手段 1 2 は、後述する（条件 1）に従う帯域分割を行えば足り、その構成自体に依存しない。なお、本形態では、図 2 に示すように、複数のバンドパスフィルタ 2 3 a、2 3 b、...、2 3 c を、帯域幅にあわせて、並列に設けることにより帯域分割手段 1 2 を構成している。

【 0 0 5 3 】

この帯域分割手段 1 3 の分割特性は、複合音時の音質劣化を抑制するため各周波数帯域に複数の純音成分が含まれないように構成する。なお、このような分割特性の決定法の詳細に関しては後述する。

【 0 0 5 4 】

なお、図 1（a）に示す構成に代えて、図 1（b）のように、加算器 1 8 の出力に対して、ハイパスフィルタ 1 5 により、原信号からの擬似化した周波数帯域の成分を除去しても良い。

【0055】

また、図1(a)に示す構成に代えて、図1(c)のように、擬似化する元の周波数成分は残るものの、ハイパスフィルタ15を省略しても実用上問題ない。

【0056】

次に、動作を説明する。以下、図3に示すような分割特性を、 $[f_0\text{ Hz} \quad f_1\text{ Hz} \quad f_2\text{ Hz} \quad f_3\text{ Hz}]$ のように、簡略化して表す。この表現は、 $f_0\text{ Hz} \sim f_1\text{ Hz}$ の帯域幅と、 $f_1\text{ Hz} \sim f_2\text{ Hz}$ の帯域幅と、 $f_2\text{ Hz} \sim f_3\text{ Hz}$ の帯域幅の、都合3つの帯域幅があることを示す。

【0057】

ここでは、図3に示す3つの帯域幅の合計の幅、即ち $[f_0\text{ Hz} \quad f_3\text{ Hz}]$ の周波数帯域を、擬似化する場合を説明する。また、次の例では、 $f_0 = 0$ 、 $f_1 = 50$ 、 $f_2 = 75$ 、 $f_3 = 100$ である。

【0058】

まず、図1(a)に示すように、入力信号は、入力端子11を経て、帯域分割手段13に入力される。

【0059】

帯域分割手段13は、入力信号から擬似化する低音成分を抽出し、さらにその成分を、図3のように $[0\text{ Hz} \quad 50\text{ Hz}]$ 、 $[50\text{ Hz} \quad 75\text{ Hz}]$ 、 $[75\text{ Hz} \quad 100\text{ Hz}]$ の周波数帯域の信号（以下、帯域信号）に分割する。

【0060】

そして、それぞれの帯域信号に対し、倍音生成手段14a～14cにより倍音生成が行われる。

【0061】

これら倍音生成手段14a～14cの出力信号と再合成される入力信号は、ハイパスフィルタ15により擬似化する $[f_0\text{ Hz} \quad f_3\text{ Hz}]$ の周波数帯域の成分が減衰され、さらに遅延器16により、低音成分の倍音生成処理によって生じた遅延の補償が行われる。

【0062】

そして、ゲイン調整手段17a～17dにより、倍音生成手段14a～14c

の出力信号と遅延器 16 の出力信号とに、適当なゲイン調整が施され、加算器 18 により加算され、出力端子 12 を介して外部へ出力される。

【0063】

このように、帯域を複数に分割することで、複合音を構成する各々の純音成分に対し個別に倍音生成することができ、複合音時の音質の劣化を抑制できる。

【0064】

しかしながら、帯域の分割数が増加すると、分割数と同じだけの倍音生成手段が必要となり、また、より狭帯域フィルタの実現が要求されるため、回路規模が増大する。

【0065】

従って、個々の純音成分が分離可能な最大の帯域幅で構成されることが、音質を保った上で回路規模を削減するという点から見た場合の最適な分割特性であるといえる。

【0066】

そのような分割特性を構成するには、分割の個々の帯域幅を、
楽音の倍音構成と、
ロー・インターバル・リミットと
に基づいて決定すればよいことを、以下述べる。

【0067】

1. 楽音の倍音構成

楽音のような周期性複合音は、基本周波数を持つ基音とその整数倍の周波数からなる倍音で構成される。

【0068】

なお、基本周波数の下限は、楽器により異なる。次段は、主な低音楽器の基本周波数の下限（以下、最低基音）を示している。

楽 器	最低基音 (Hz)
ピアノ	27.5
ベースギター (5 弦)	30.8
コントラバス	34.6

バス・チューバ 4 1. 2

バス・サキソフォン 5 5. 0

【0 0 6 9】

これによれば、ピアノの最低基音である 2 7. 5 H z は、大半の低音楽器の中で最小であるといって差し支えない。従って、ピアノの最低基本周波数である 2 7. 5 H z 以上の基本周波数に対応すれば、十分であるといえる。

【0 0 7 0】

なお、通常、楽音に含まれる倍音成分は、第 2、第 3、第 4 . . . というように高次に渡り存在するため、基音とこれら個々の倍音成分がそれぞれ分離されることが望まれる。

【0 0 7 1】

以上の点を総合すると、結局、2 7. 5 H z 以上の各基本周波数に対し、次の（条件 1）が満たされれば、必要十分となる。

【0 0 7 2】

（条件 1）基本周波数（周波数 f ）を持つ基音と、その基音に対する倍音（ n を自然数として、周波数 $n f$ ）が、同一の分割帯域に含まれない（つまり、基本周波数を持つ基音と、この基音に対する倍音とが、異なる帯域幅に属する）こと

。

【0 0 7 3】

（条件 1）を満たさない例を、図 4 を用いて説明する。図 4（a）では、基本周波数 3 5 H z に関し、第 2 倍音と第 3 倍音とが、[5 0 H z 1 1 0 H z] の帯域幅に同時に属しており、（条件 1）を満たさない。また、図 4（b）では、基本周波数 3 5 H z については、（条件 1）を満たしているが、基本周波数 4 0 H z については、第 2 倍音と第 3 倍音とが、[7 5 H z 1 2 5 H z] の帯域幅に同時に存在し、（条件 1）を満たさない。

【0 0 7 4】

なお、図 4（b）に示したように、ある基本周波数（4 0 H z）について、それよりも低い基本周波数（3 5 H z）において（条件 1）を満たしているからといって、その基本周波数（4 0 H z）が（条件 1）を満たすとは限らない。

【0075】

2. ロー・インターバル・リミットに基づく設定

和音は、複数の基本周波数を持っている。このため、和音の場合において各純音成分を分離するには、個々の基音と基本周波数とその倍音成分の分離が必要となる。

【0076】

ここで、低音域においては、基本周波数の密接した和音は、融合することなく濁った音になるという聴感上の性質が存在する。

【0077】

そして、それぞれ音程が定められた2つの音を、これ以上低い音域で発すると濁って聴こえる限界がある。この限界を、ロー・インターバル・リミットと呼ぶ。ロー・インターバル・リミットが存在するため、濁りなく同時に鳴らすことができる、基本周波数は、制限される。

【0078】

図5は、ロー・インターバル・リミットに基づいて、基本周波数の周波数間隔を計算したものであり、これには、基本周波数、音階及び周波数間隔の関係がまとめられている。

【0079】

これによると、A0～A1では完全8度のみ、A1#～A2では完全5度・完全8度、A2#～B2では増4度を除く、長3度以上、C2～D2では短3度以上、D2#以上では長2度以上の音程が用いられていることがわかる。

【0080】

なお、音名に付けられた添え字は、オクターブ番号を表しており、A0がピアノの最低基音である27.5Hzに一致する。

【0081】

ここで、低音のカットオフ周波数が、29Hz以上の基本周波数と倍音成分の分離条件を満たしていれば、このロー・インターバル・リミットの条件も充足できていることは、次のようにすると、確かめることができる。

【0082】

例えば、完全5度（周波数比が2：3）は、58Hzから用いられる。この58Hzは、29Hzの第2倍音にあたり、さらに第3倍音を持つ周波数87Hzは、第2倍音から見て完全5度の周波数比となっている。

【0083】

つまり、完全5度は、第2倍音と第3倍音の周波数比に等しく、さらに完全5度が用いられる周波数の下限58Hzは、29Hzの第2倍音に一致する。したがって、基本周波数29Hz以降が（条件1）を満たしていれば、58Hz以降の完全5度の関係にある基本周波数の分離が可能であるといえる。

【0084】

これと同様のことが、完全8度（基本周波数と第2倍音の周波数比）、長3度（第4倍音と第5倍音の周波数比）にも該当し、結局、基本周波数29Hz以降に関して、（条件1）が満たされれば、低音の和音に介する基本周波数の分離も可能である。

【0085】

次に、（条件1）を満たす分割特性の具体例を示していく。ここで対象とする基本周波数の下限は、ピアノの基音である27.5Hzとする。但し、図5を参照すればわかるように、この下限は、必要に応じて、例えば、20Hz～60Hzの範囲で、適宜設定することができる。

【0086】

（条件1）を満たす単純な例としては、それぞれの帯域幅を一律に27.5Hzより小さくすることが考えられる。但し、クロスオーバーのない理想的な帯域分割は行えないから、実際には、27.5Hzよりも小さめに帯域幅を設定することになる。

【0087】

このような分割の具体例として、図6（a）、（b）にそれぞれ示す
 [25Hz 50Hz 75Hz 100Hz 125Hz]
 [12.5Hz 37.5Hz 62.5Hz 112.5Hz]
 という、帯域幅をあげることができる。

【0088】

また、図 6 (c)、(d) にそれぞれ示す

[25Hz 50Hz 70Hz 95Hz 120Hz]

[12.5Hz 37.5Hz 60.5Hz 85.5Hz 115Hz]

の帯域幅のように、帯域幅同士を、必ずしも等幅にする必要はない。

【0089】

なお、[0Hz 27.5Hz] の帯域の基本周波数は少ないから、特にこの周波数帯は考慮しなくて良い。

【0090】

したがって、図 7 (a)、(b) にそれぞれ示す

[0Hz 50Hz 75Hz 100Hz 125Hz]

[0Hz 37.5Hz 62.5Hz 87.5Hz 112.5Hz]

の帯域幅のように、最低の帯域を、単に低音通過フィルタとしてもよい。

【0091】

さらに、帯域幅を 27.5Hz 以上にすることも考えられる。例えば、図 7 (c) に示すように、一部の帯域幅を、35Hz にすることもできる。

【0092】

この分割特性であっても、(条件 1) を満たしている。このような例は、他に種々考えられる。

【0093】

なお、150Hz 以上の分割特性について、短 3 度、長 2 度の分離を行えるようにすると、さらに音質を向上できる。

【0094】

図 7 (d) に示す

[25Hz 50Hz 75Hz 100Hz 125Hz 145Hz 165Hz ...]

という例では、短 3 度の分離を可能とするため、125Hz 以上の帯域幅を、20Hz としている。

【0095】

以上述べたように、帯域分割処理により、複合音を構成する各々の純音成分に

対し個別に倍音生成を行うことで音質の劣化を抑制することができる。さらに、楽音の倍音構成とロー・インターバル・リミットに基づき分割特性を、（条件1）に基づいて、設定することで、帯域分割の分割特性を最適化し、回路規模を削減することを可能とした。

【0096】

なお、上記説明において、（条件1）における基本周波数の下限を、ピアノの基本周波数である27.5Hzとしたが、例えば30Hz等のように、より高い周波数を、この下限としても、本発明は、一定の効果を奏し、実用上十分と思われる。

【0097】

なお、上記の説明は、入力信号が、モノラルの場合に関して説明したが、2チャンネル以上のソースにおいても、本発明は適用できる。

【0098】

図8は、本発明の実施の形態における2チャンネル対応の音響信号処理装置のブロック図である。図中、図1と同様の構成要素については、同一符号を付すことにより説明を省略する。

【0099】

この装置では、第1チャンネル（図ではLチャンネル）と第2チャンネル（図ではRチャンネル）の2チャンネルに対応するため、入力端子11a、11b、遅延器16a、16b、ゲイン調整器17a、17e、加算器18a、18b、ハイパスフィルタ15a、15bが、それぞれ各チャンネル毎に、設けられている。

【0100】

また、和成分出力手段としての、加算器81は、第1チャンネルの入力音響信号と、第2チャンネルの入力音響信号とを入力し、これらの入力音響信号の和成分を、帯域分割手段13へ出力する。したがって、この帯域分割手段13は、和成分の低音成分を、互いに周波数帯域が異なる、複数の帯域幅に属する成分に分割する。

【0101】

第 1 合成手段としての、加算器 1 8 a は、倍音生成手段 1 4 a ～ 1 4 c により生成された倍音成分と、第 1 チャンネルの入力音響信号とを、加算しハイパスフィルタ 1 5 a へ出力する。

【 0 1 0 2 】

また、第 2 合成手段としての、加算器 1 8 b は、倍音生成手段 1 4 a ～ 1 4 c により生成された倍音成分と、第 2 チャンネルの入力音響信号とを、加算しハイパスフィルタ 1 5 b へ出力する。

【 0 1 0 3 】

図 8 に示す装置では、低音成分は各チャンネルに同相で含まれることが多いことを利用し、各チャンネルの信号を加算後に処理を行うことで処理量を削減している。

【 0 1 0 4 】

【発明の効果】

本発明によれば、帯域分割処理により、複合音を構成する各々の純音成分に対し個別に倍音を生成でき、歪みを低減して、音質の劣化を抑制できる。

【 0 1 0 5 】

さらに、楽音の倍音構成とロー・インターバル・リミットに基づいて帯域分割特性を構成することで、帯域分割の分割特性を最適化し、回路規模を削減できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

(a) 本発明の実施の形態による音響信号処理装置のブロック図

(b) 同音響信号処理装置のブロック図

(c) 同音響信号処理装置のブロック図

【図 2】

同帯域分割手段のブロック図

【図 3】

同帯域分割の説明図

【図 4】

(a) 同帯域分割の例示図 (不適)

(b) 同帯域分割の例示図 (不適)

【図 5】

同ロー・インターバル・リミットを考慮した周波数間隔説明図

【図 6】

(a) 同帯域分割の例示図 (適)

(b) 同帯域分割の例示図 (適)

(c) 同帯域分割の例示図 (適)

(d) 同帯域分割の例示図 (適)

【図 7】

(a) 同帯域分割の例示図 (適)

(b) 同帯域分割の例示図 (適)

(c) 同帯域分割の例示図 (適)

(d) 同帯域分割の例示図 (適)

【図 8】

同 2 チャンネル対応の音響信号処理装置のブロック図

【図 9】

(a) 従来の音響信号処理装置のブロック図

(b) 従来の音響信号処理装置のブロック図

【図 10】

(a) 従来のゼロクロス法による倍音生成説明図 (原波形)

(b) 従来のゼロクロス法による倍音生成説明図 (生成波形)

【図 11】

(a) 従来のスペクトラム構造の説明図

(b) 従来のスペクトラム構造の説明図

(c) 従来のスペクトラム構造の説明図

【図 12】

(a) 従来の倍音生成処理結果 (複合音) のスペクトルを表した図

(b) 従来の倍音生成処理結果 (複合音) のスペクトルを表した図

【図 1 3】

(a) 従来のゼロクロス法による倍音生成説明図 (原波形)

(b) 従来のゼロクロス法による倍音生成説明図 (生成波形)

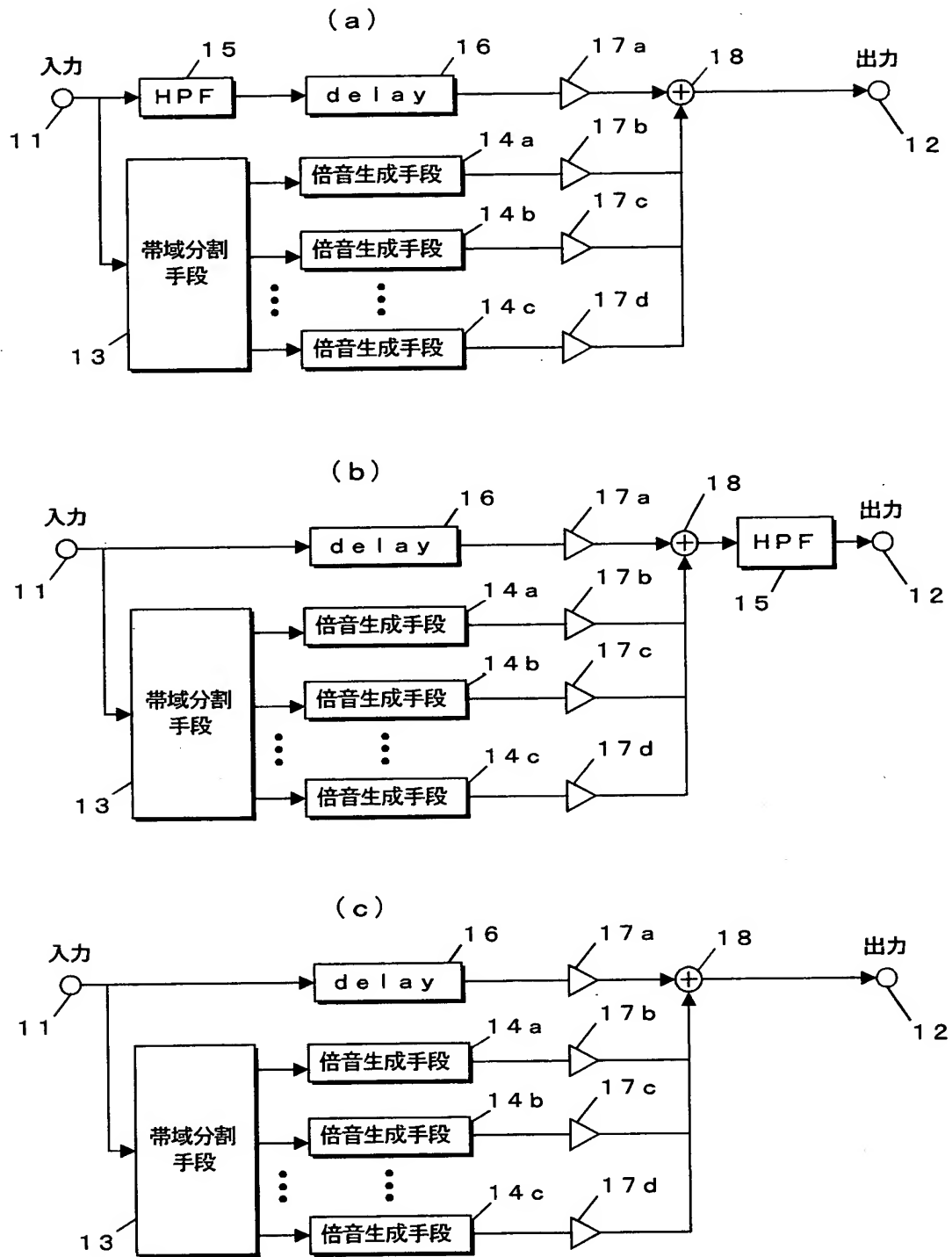
(c) 従来のゼロクロス法による倍音生成説明図 (理想生成波形)

【符号の説明】

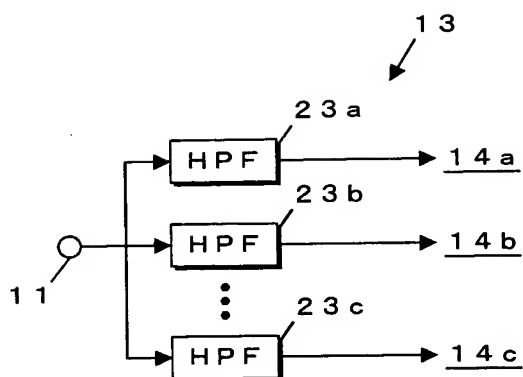
- 1 1 入力端子
- 1 2 出力端子
- 1 3 帯域分割手段
- 1 4 a ~ 1 4 c 倍音生成手段
- 1 5 ハイパスフィルタ
- 1 6 遅延器
- 1 7 a ~ 1 7 d ゲイン調整器
- 1 8 加算器

【書類名】 図面

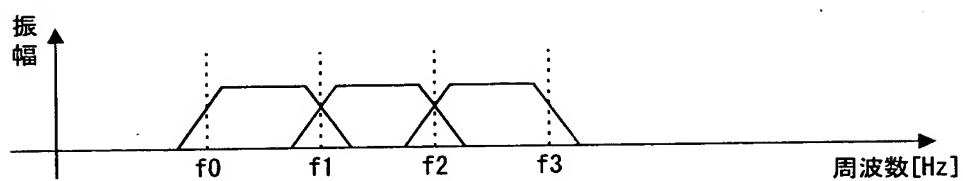
【図 1】



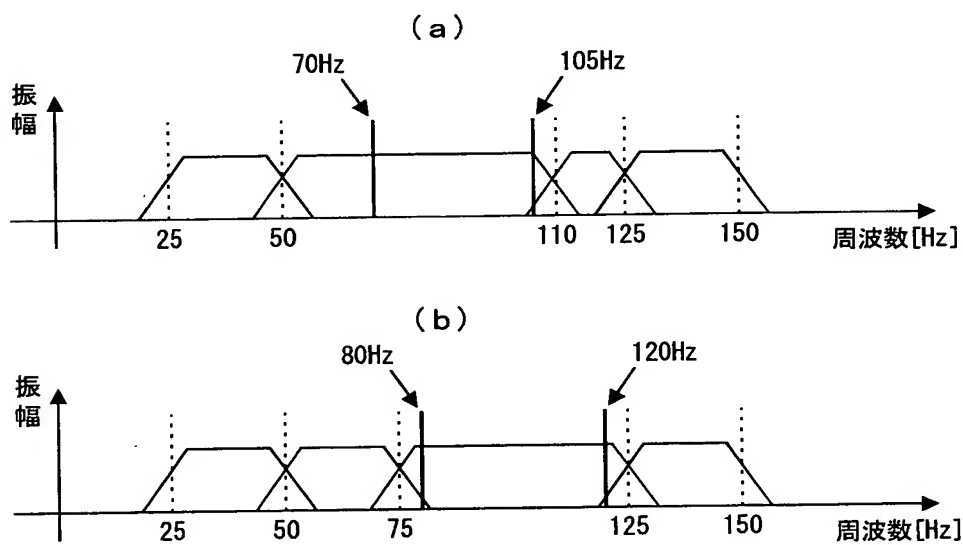
【図 2】



【図 3】



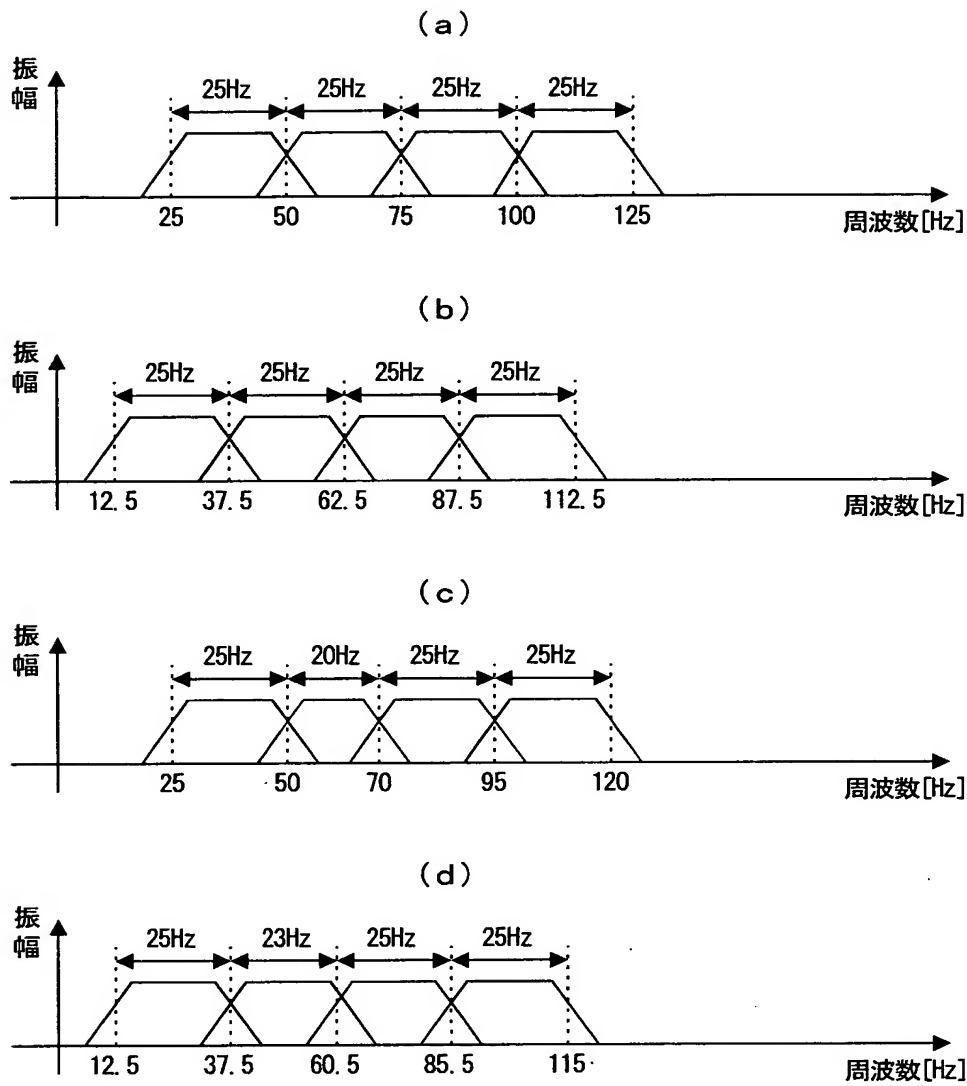
【図 4】



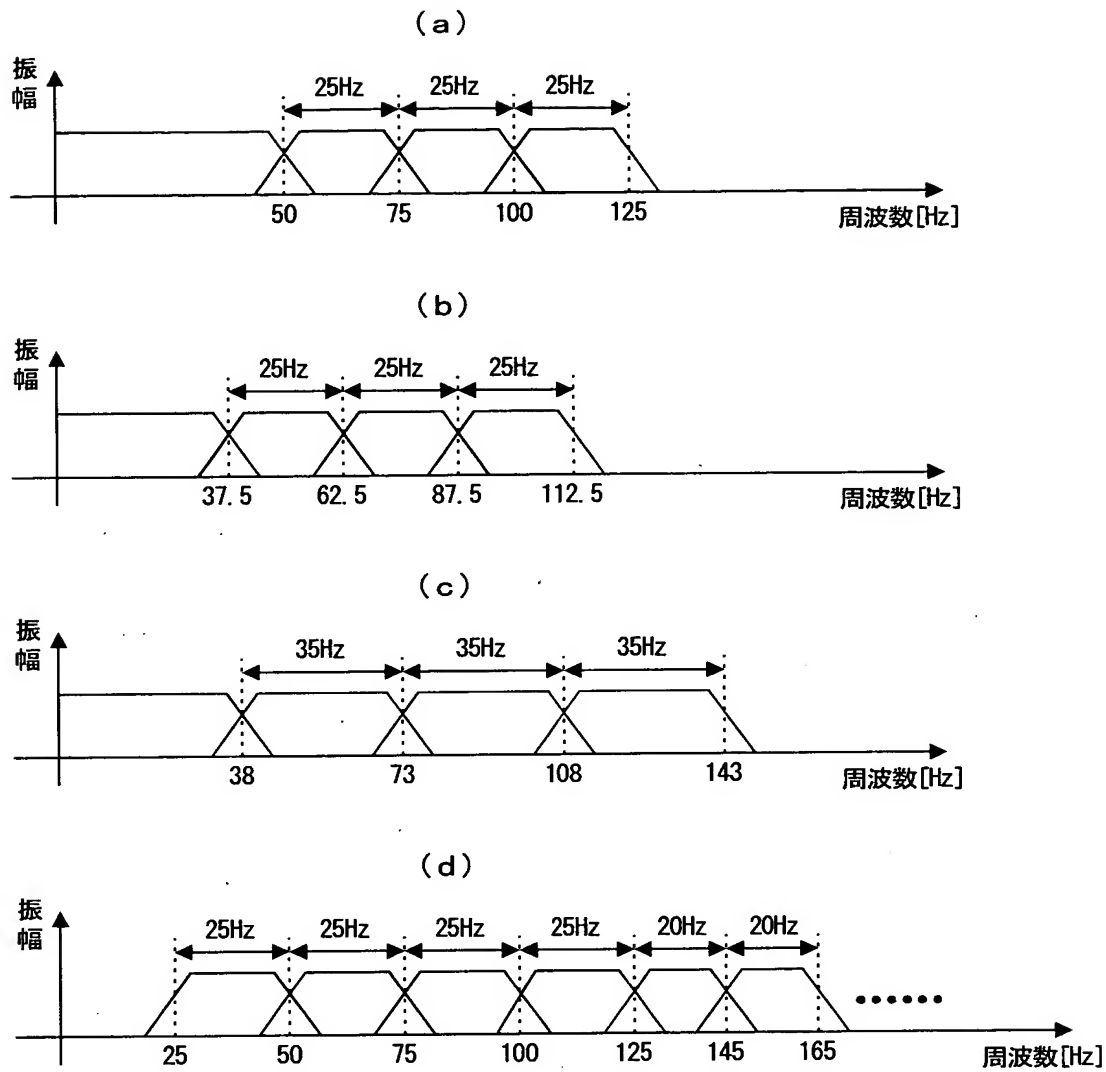
【図 5】

基礎周波数 (Hz)	音階	周波数間隔 (Hz)										完全8度
		増4度	短3度	長3度	完全4度	増4度	短6度	長6度	短7度	長7度	完全8度	
27.5	A 0										27.5	
29	A# 0										29	
31	B 0										31	
33	C 0										33	
35	C# 0										35	
37	D 0										37	
39	D# 0										39	
41	E 0										41	
44	F 0										44	
46	F# 0										46	
49	G 0										49	
52	G# 0										52	
55	A 1						完全5度				55	
58	A# 1						29				58	
62	B 1						31				62	
65	C 1						33				65	
69	C# 1						35				69	
73	D 1						37				73	
78	D# 1						39				78	
82	E 1						41	短6度	短7度	長7度	82	
87	F 1						44	51	60	68	87	
92	F# 1						46	54	63	72	92	
98	G 1						49	58	67	77	98	
104	G# 1						52	61	71	81	104	
110	A 2			長3度	完全4度		55	65	75	86	110	
117	A# 2			30	39	増4度	58	68	79	91	117	
123	B 2	短3度		32	41	51	62	72	84	97	123	
131	C 2	25		34	44	54	65	77	89	102	131	
139	C# 2	26		36	46	57	69	81	95	108	139	
147	D 2	28	長2度	38	49	61	73	86	100	115	147	
156	D# 2	19		40	52	64	78	91	106	122	156	
165	E 2	20		43	55	68	82	97	112	129	165	
175	F 2	21		45	58	72	87	102	119	137	175	
185	F# 2	23		48	62	77	92	109	126	145	185	
196	G 2	24		51	66	81	98	115	134	153	196	
208	G# 2	25		54	70	86	104	122	142	162	208	

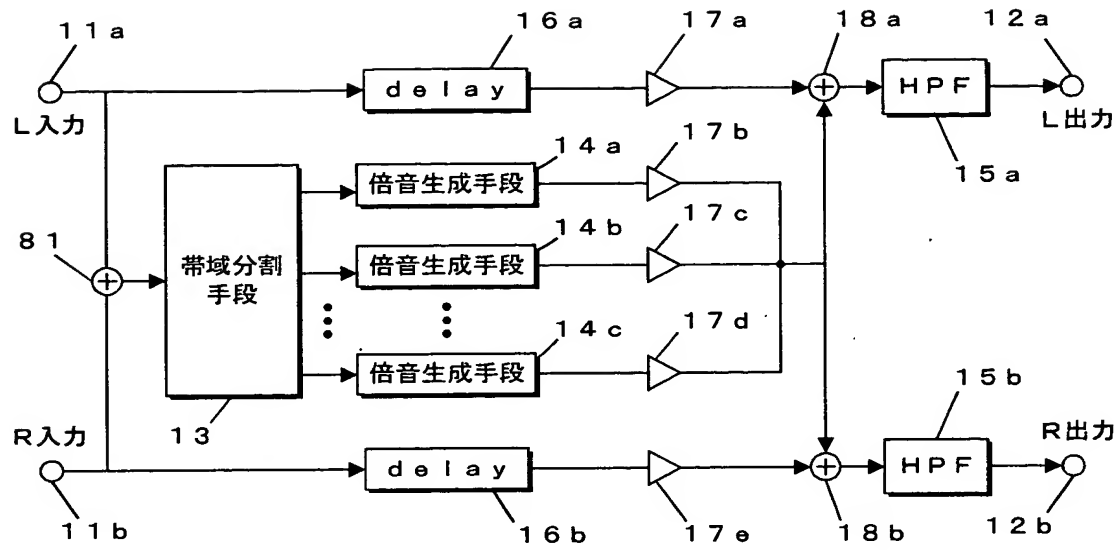
【図 6】



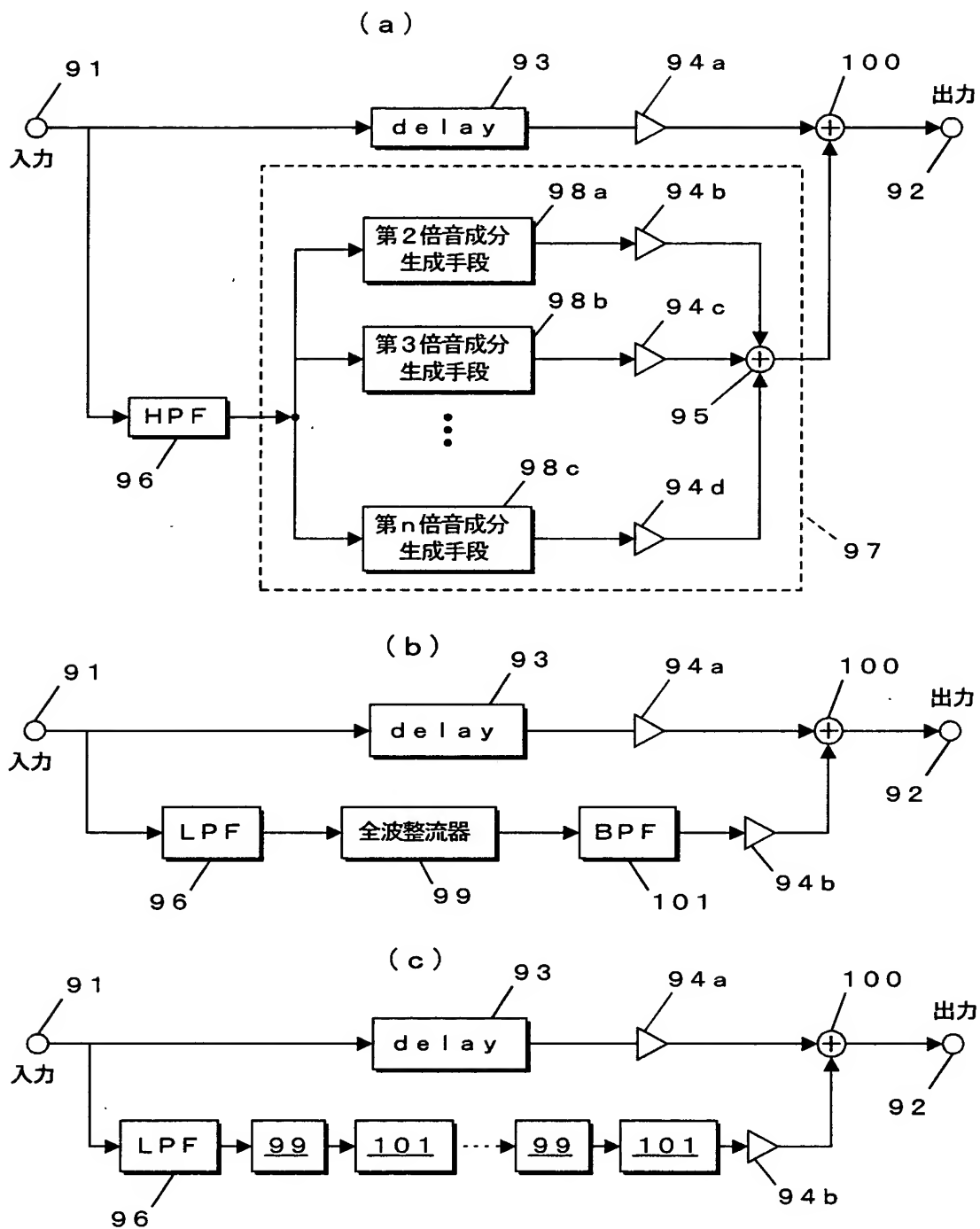
【図 7】



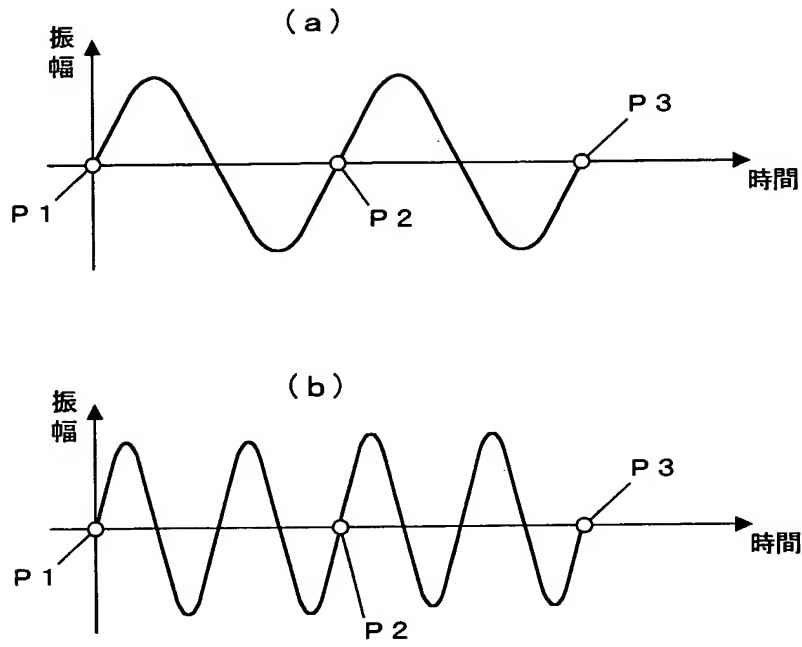
【図 8】



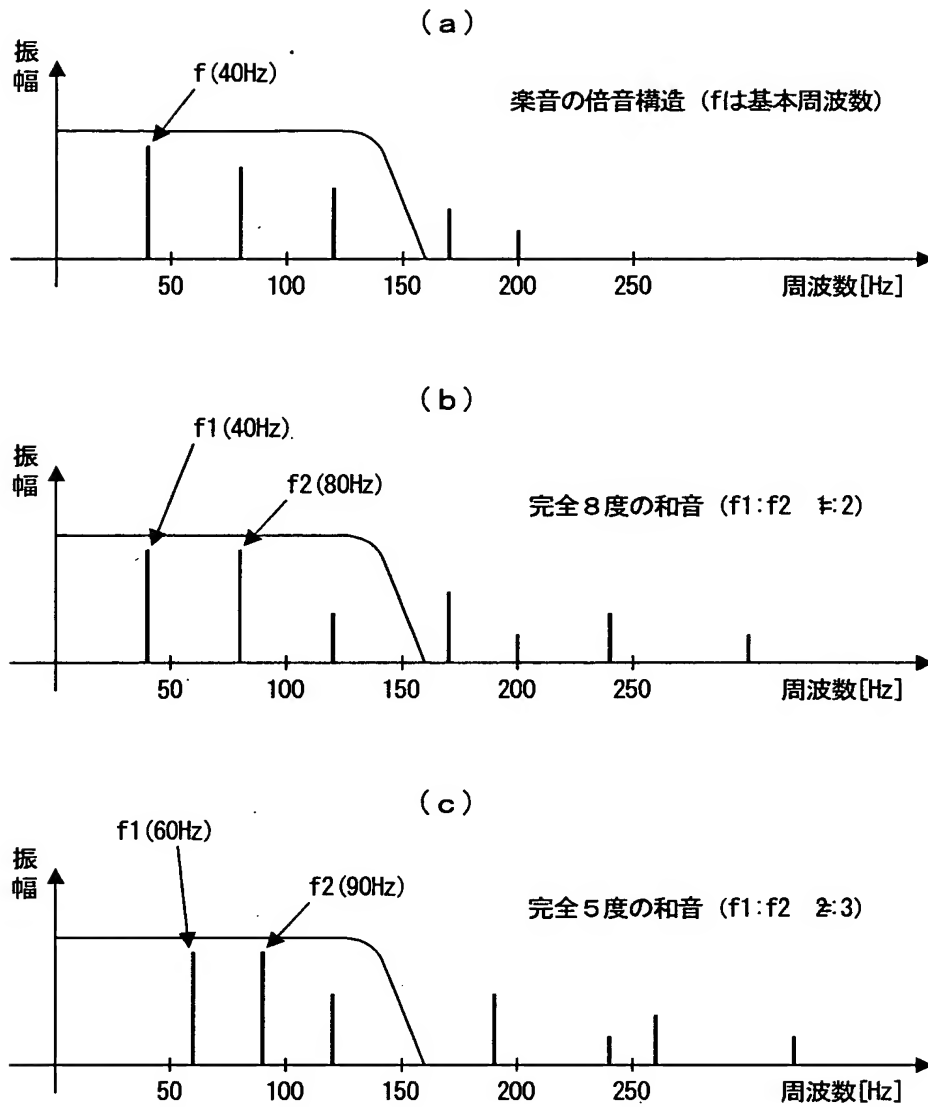
【図9】



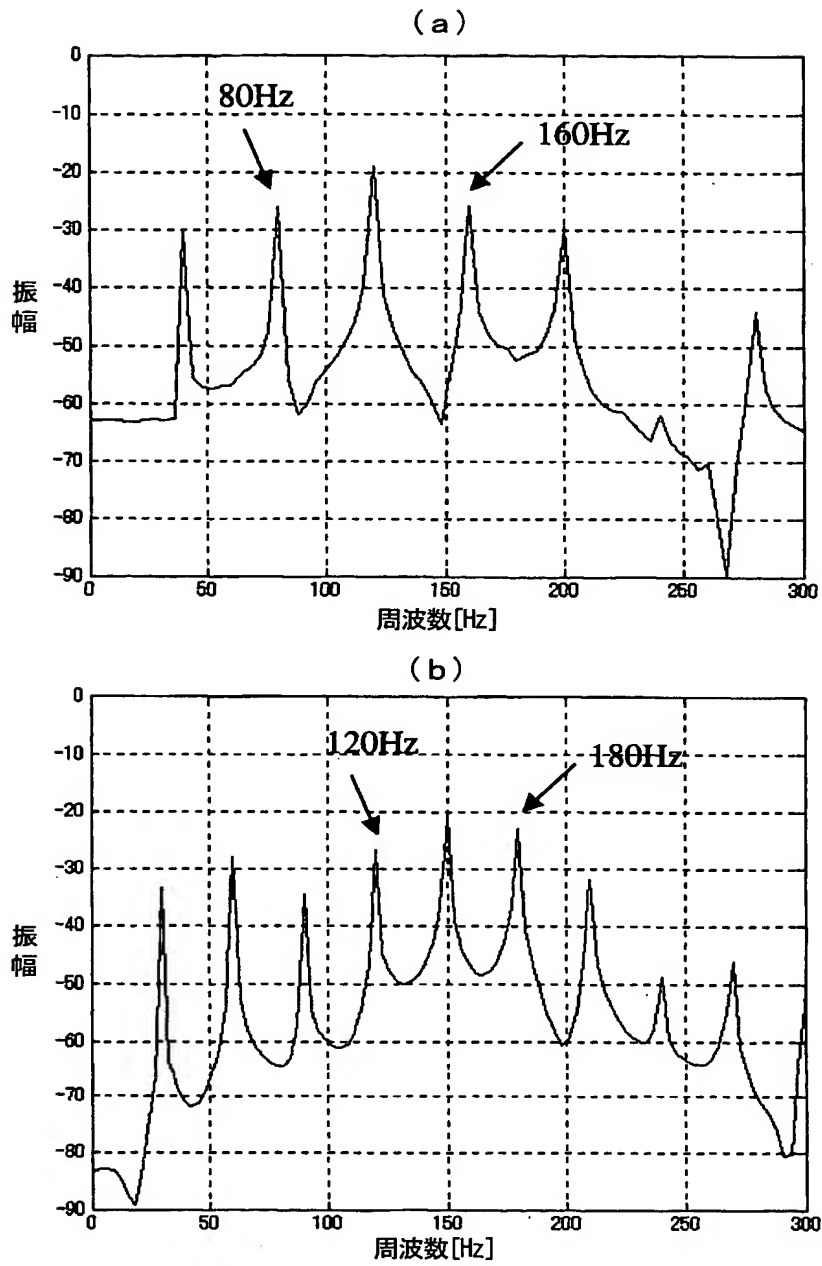
【図10】



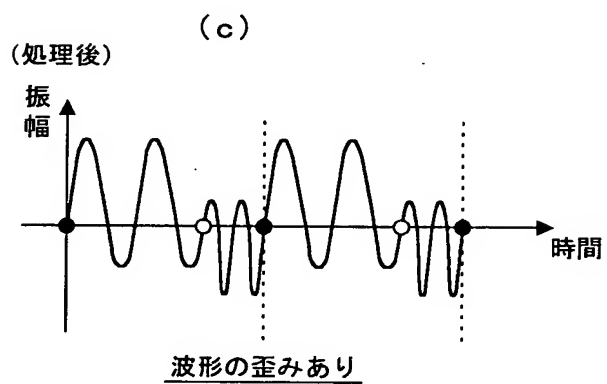
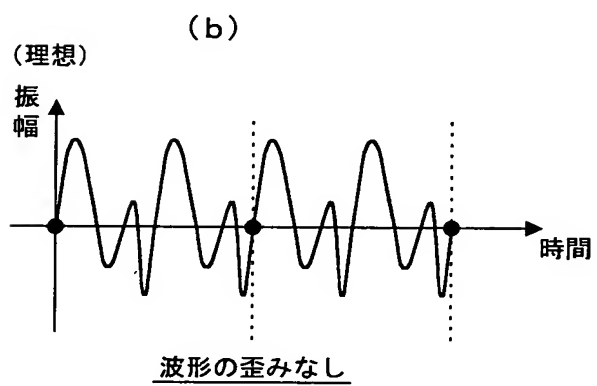
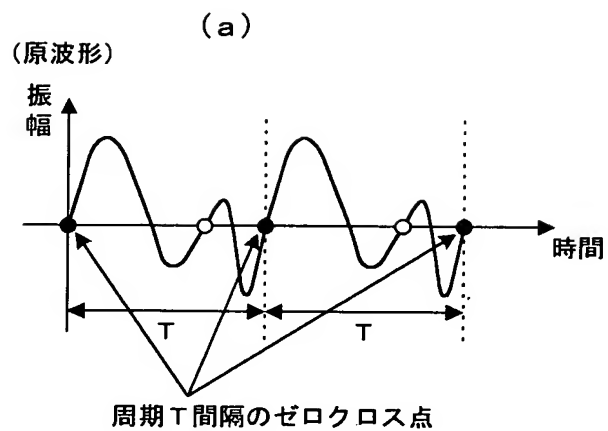
【図 11】



【図 12】



【図 13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 複合音時の音質劣化を抑制できる音響信号処理装置を提供する。

【解決手段】 楽器の倍音構成とロー・インターバル・リミットに基づいた帯域分割特性を持つ帯域分割手段 1 3 により、擬似化を行う低音信号を複数の帯域信号に分割後、各々の帯域信号に対して倍音生成を行う。複合音を構成する各々の純音成分に対して個別に倍音を生成でき、音質の劣化を抑制できる。帯域分割の個数増大を抑えることが可能となり、回路規模を削減できる。

【選択図】 図 1